

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики, управления и природопользования
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Верховец
подпись
« ____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.06 – экология и природопользование
05.03.06.01- Экология

Видовое разнообразие насекомых, минирующих листья древесных растений в
Сибири

Руководитель _____
подпись, дата

Н.И. Кириченко
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

А.С. Пустошинская
инициалы, фамилия

Консультанты: _____
подпись, дата

О.В. Тарасова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.Г. Гетте
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Обзор литературы.....	6
1.1 Роль зеленых насаждения в городской среде.....	6
1.2 Биология и экология насекомых – филлофагов. Минирующие насекомые.....	7
1.3 Влияние минирующих насекомых на древесные растения в искусственных и естественных экосистемах.....	9
2 Характеристика объекта, района и методов исследования.....	12
2.1 Объекты исследований.....	12
2.2 Районы исследований.....	16
2.3 Методика сбора и обработки образцов.....	17
2.3.1 Исследования морфологии мин и минирующих насекомых Фиксация образцов.....	18
2.3.2 Лабораторное выращивание насекомых и определение их видовой принадлежности.....	19
2.3.3 Составление гербарных каталогов.....	21
3 Результаты и обсуждение.....	23
3.1 Видовой состав и таксономическая структура комплекса минирующих насекомых древесных растений Сибири.....	23
3.2 Эколого-трофическая структура комплекса минирующих насекомых.....	24
3.3 Анализ распространения минирующих насекомых в Сибири.....	26
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	29

ВВЕДЕНИЕ

В зеленых насаждениях городов на древесных растениях, как правило, формируется довольно специфический комплекс дендрофильных насекомых. Среди последних чаще всего доминируют по видовому разнообразию и по численности насекомые-филлофаги, повреждающие листья растений. В городских зеленых насаждениях встречаются открытоживущие насекомые-филлофаги, которые производящие грубое объедание, скелетирование листвы и т.д. и скрытоживущие (иногда, полускрытоживущие), ведущие скрытый образ жизни, питающиеся в особых убежищах, где и проходит большая часть их жизненного цикла. К последним относят минёров и галлообразователей. Скрытый образ жизни позволяет им хорошо приспосабливаться к жизни в условиях городской среды, что дает им преимущества в сравнении с открытоживущими насекомыми.

В последнее время интерес к насекомым, минирующим листья древесных растений, значительно возрос в связи с распространением отдельных представителей по обширным территориям и нанесением вреда растениям в парках, садах и лесах. Минеры – это мелкие насекомые, чьи личинки ведут скрытый образ жизни – живут в листовых пластинках, и при массовых размножениях могут наносить значительный ущерб своим кормовым растениям. В Сибири, эта группа насекомых изучена недостаточно. Отсутствие регулярных фаунистических исследований в Сибири осложняет осуществление работ по изучению распространения и трофических связей минеров, а так же не позволяет вовремя отслеживать проникновение новых видов в Сибирь.

Цель наших исследований – проведение ревизии таксономического разнообразия насекомых, минирующих листья древесных растений в Сибири.

При этом были поставлены следующие задачи:

1. Оценить таксономическое разнообразие минирующих насекомых, населяющих древесные растения в Сибири по ранее выполненным

коллекционным сборам лаборатории лесной зоологии ИЛ СО РАН и собственным наблюдениям;

2. Выявить трофические связи минирующих насекомых с различными видам древесных растений в Сибири;
3. Провести анализ распространения минирующих насекомых в сибирских регионах.

Заявленная фаунистическая работа уникальна как с точки зрения масштабы исследований, так и междисциплинарности – вовлечения различных подходов к изучению таксономического разнообразия минеров. Сибирь – малоизученный регион в отношении видового разнообразия минирующих насекомых, среди которых известно немало вредителей древесных растений. В наших исследованиях вовлечено несколько сибирских регионов, значительное число видов древесных растений и населяемых их минирующих насекомых, что подчеркивает широту работы. Применение не только морфологических методов для определения таксонов насекомых, но и учета их трофических связей с древесными растениями в Сибири и распространения в различных сибирских регионах делают работу уникальной для Азиатской части России.

В ходе выполнения исследования опубликовано две статьи в сборниках отечественных конференций:

(1) Кириченко Н.И., Акулов Е.Н., **Пустошинская А.С.**, Петько В.М., Бабичев Н.С., Пономаренко М.Г. Таксономическое разнообразие микрочешуекрылых (Microlepidoptera), минирующих листья древесных растений в Сибири // Материалы III Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского “Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов”, 7–9 октября 2015 г., Минск, Беларусь, Ч 2. С. 141-144.

(2) Кириченко Н.И., **Пустошинская А.С.** Изучение таксономического разнообразия чешуекрылых, минирующих листья древесных растений в Улан-Удэ, с применением морфологических и молекулярно-генетических методов. Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых (с международным участием) “Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы”, 23-27 июня 2016 г., Улан-Удэ, Респ. Бурятия. С. 29-30.

Работа выполнена на кафедре экологии и природопользования Сибирского федерального университета и в лаборатории лесной зоологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) под руководством д.с.-х.н. Тарасовой О.В. и к.б.н. Кириченко Н.И. Исследования осуществлены в рамках проекта РФФИ № 15-29-02645 «Интегративный подход к изучению таксономического разнообразия и процессов инвазий минирующих молей экономически важного семейства *Gracillariidae* в Сибири и сопредельных регионах» (руководитель проекта Кириченко Н.И.). Автор выражает благодарность своим научным руководителям и сотрудникам лаборатории лесной зоологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН за всестороннюю помощь и поддержку.

1 Обзор литературы

1.1 Роль зеленых насаждений в городской среде

Городская среда во многих отношениях резко отличается от природной как по своему облику, так и по значительному числу факторов, воздействующих как на человека, так и на другие живые организмы, обитающих в урбоэкосистемах [3, 25].

Растения городов играют огромную роль в создании благоприятной среды для обитания людей. Древесные растения в городских ландшафтах выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, связанные с выделением кислорода и фитонцидов, ионизацией воздуха, осаждением пыли, формированием своеобразного микроклимата и т.д. [3, 11]. Растения благотворно влияют на эмоциональную сферу человека, имеют эстетическую и рекреационную ценность, способствуют сохранению гармонии окружающей среды и человека даже в условиях таких антропогенно-измененных экосистем, как города [2].

Известно, что температура воздуха летом в скверах и парках в среднем на 1,5-3 °С ниже, а относительная влажность на 2 -8% выше, чем на открытых площадях; на территории лесопарков эта разница доходит до 6,5-10 °С и 10-13% [12]. Примечательно, что в тени посадок, составленных из деревьев с густыми кронами, снижение температуры гораздо значительнее, чем в тени высоких зданий. Заметный микроклиматический эффект дает даже такой простой озеленительный прием, как замена открытого грунта, а тем более асфальта, травяным покровом.

Известен и противошумовой эффект зеленых насаждений, связанный с большой звукоотражательной способностью листвы деревьев. По теоретическим расчетам архитекторов, растительность в целом снижает шум в жилых и промышленных зонах города в 2- 2,5 раза [2]. Таким образом, присутствие растений в городе способствует повышению комфортности среды обитания человека и улучшению его физического самочувствия.

В Сибири береза *Betula* sp. – важная лиственная древесная порода, имеющая лесообразующее и декоративное значение [3, 12]. Береза повислая *Betula pendula* Roth – это неперенный объект для озеленения городских экосистем. Из-за красивой узорчатой листвы, изысканной кроны дерева, березы высаживают во всех городских скверах и парках. Для этого используют не только аборигенные виды, но и привезенные виды берез из различных географических регионов [3]. На березах встречается значительное число видов насекомых-филлофагов, ряд их которых может существенно вредить растениям и снижать их декоративную ценность [7, 8].

По приблизительным данным в Сибири насчитывается больше 400 видов насекомых, повреждающих березы [4, 27, 30]. В Красноярске по приблизительным оценкам на древесной и кустарниковой растительности насчитывается около 170 видов филлофагов [27]. Среди этих видов совокупность насекомых, населяющих березы, занимает далеко не последние положение [27-30].

1.2. Биология и экология насекомых-филлофагов. Минирующие насекомые

Насекомые – самая разнообразная и многочисленная группа животных, отличающаяся широкой экологической и эволюционной пластичностью [9, 15]. Растительоядные насекомые имеют приуроченность не только к определенному таксону кормовому растению, но и к определенным органам или группам тканей растения-хозяина. Все виды насекомых по образу жизни и трофической специализации подразделяют на разные группы. Одна из этих групп – насекомые-филлофаги, включающая грызущих, скелетирующих, сосущих, галлообразующих, минирующих и прочих представителей [10, 14, 30].

По образу жизни насекомые подразделяются на открытоживущих и скрыто- (или полускрыто) живущих. Открытоживущие насекомые обитают и

питаются на открытых частях растений, высасывая клеточный сок, скелетируя листья или объедая их. Из числа открытоживущих видов большой вред в насаждениях промышленных городов приносят насекомые с колюще-сосущим типом ротового аппарата [10]. Открытоживущие насекомые характеризуются рядом биологических черт, определяющих резкие колебания численности и возникновение вспышек массового размножения в насаждениях, где условия для жизни наиболее благоприятны [11].

К числу скрытоживущих относят насекомых, питание которых происходит в органах и в тканях растений. Часть видов насекомых этой группы питается паренхимой листа, вгрызаясь в полости. Эпидермис листа скрывает насекомое от воздействия промышленных выбросов [4, 5]. Общей чертой насекомых, объединенных в экологическую группу минеров, является питание личинок внутри хлорофиллоносных растительных тканей, по крайней мере, на протяжении нескольких возрастов. В качестве пищевого объекта минеры могут использовать листья, хвою, стебли или плоды растений. Минирующих насекомых известны среди представителей четырех отрядов: Чешуекрылые (Lepidoptera), двукрылые (Diptera), жесткокрылые (Coleoptera), настоящие пилильщики (Hymenoptera) [17, 18, 30, 32-39] .

Различают облигатных и факультативных минеров. К первой группе относят насекомых, полное личиночное развитие которых проходит внутри тканей растения (например, тополевая моль-пестряка *Phyllonorycter populifoliella* Tr., (Lepidoptera: Gracillariidae). Ко второй группе относят насекомых, развивающихся в минах лишь на протяжении некоторых личиночных возрастов. Тем не менее, во всех случаях первые личиночные возраста минеров обязательно проходят развитие внутри растительных тканей.

Минеры являются эндофагами, в связи с чем они менее чувствительны к экстремальным флуктуациям абиотических факторов по сравнению со свободноживущими фитофагами. Питание внутри растительных тканей обеспечивает личинкам минеров относительно постоянный режим влажности. Транспирация растения защищает минера от экстремально высоких, а хорошая

теплопроводность тканей – от экстремально низких температур. Минирующие насекомые защищены растительными тканями от атмосферных загрязнений [4]. Подавляющее число минеров повреждают листья растений. Развитие минирующих насекомых проходит значительно быстрее, чем у свободноживущих филлофагов, поскольку минеры не используют в пищу трудно перевариваемые ткани листа: его эпидермис, кутикулу и ткани сосудистых пучков [38, 39]. На ряде видов продемонстрировано активное избегание личинками минеров мест локализации вторичных соединений в растительных тканях. Например, гусеницы младших возрастов листовенной чехлоноски при сооружении мины не перегрызают ни один из трех смоляных каналов хвоинки листовенницы [5, 6].

В Европе по приблизительным оценкам число листовых минеров древесной и травянистой растительности превышает 2000 видов. Анализ списков минеров, содержащихся в электронных базах данных, свидетельствует о бесспорном лидировании представителей *Lepidoptera* – доля их видов в общем списке превышает 60% [32-36]. В Европе они представлены более чем тысячей видов, принадлежащих к 170 родам и 37 семействам. Сибирь до сих пор остается малоизученным регионом. Сведения о таксономическом разнообразии минирующих насекомых в этой части России очень отрывочны и требуют детальных исследований [1, 4, 5, 6, 17, 19, 24, 27-30, 31].

1.3. Влияние минирующих насекомых на древесные растения в искусственных и естественных экосистемах

Среди минирующих насекомых известно немало видов, наносящих ущерб древесным растениям в парках, садах и лесах [13, 18]. Минирование уменьшает площадь фотосинтезирующей поверхности листьев, что сказывается на жизнедеятельности растения в целом. Массовое минирование может приводить к замедлению вегетативного роста растений, преждевременному опадению листьев,

и даже снижать урожайность растений (например, плодовых деревьев – яблонь, груш, облепихи и т.д.) [1, 40, 41, 43].

Не смотря на то, что минирующих насекомых зачастую относят к второстепенным вредителям, некоторые виды минеров могут увеличивать численность и наносить ущерб древесным растениям. В последние время вред от минеров возрос: многие виды, которые в недалеком прошлом были известны как фоновые, в настоящее время приобрели репутацию вредителей. Отдельные представители минеров быстро расселяются по огромным территориям, что нередко связывают с быстрыми изменениями экологической обстановки, интенсификации экономических и транспортных связей между регионами и странами [15, 16, 19, 23, 31].

Среди представителей отряда *Lepidoptera* древесным растениям заметно вредят виды минирующих молей из семейств *Gracillariidae*, *Tortricidae*, *Gelechiidae*, *Coleophoridae*, *Lyoniidae*, *Yponomeutinae* и ряд других [23, 30]. Здесь преобладают вредители, особенно растений семейства розовых *Rosaceae* – семечковых и косточковых деревьев и кустарников. Кармашковая краевая моль-пестрянка *Callisto denticulella*, яблонная минирующая моль *Lyonieta clerkella*, плодовая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter blancardella*, плодовая верхнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter corylifoliella*, листовая вертунья *Recurvaria nanella*, яблонная горностаевая моль *Yponomeuta malinellus* вредят яблоням и некоторым другим садовым культурам в Европе и России, включая Сибирь, в ряде случаев причиняя серьезный экономический ущерб садоводству [30]. Массовое повреждение листвы яблонь приводит к значительному уменьшению урожайности деревьев вплоть до бесплодия на следующий год. Среди прочих садовых вредителей – облепиховая выемчатокрылая моль *Gelechia hippophaella*, наносящая серьезный ущерб облепихе в России и некоторых европейских странах. В Забайкалье после полной дефолиации кусты облепихи не плодоносят, повторная же дефолиация на следующий год приводит к их усыханию и гибели [1].

Многие моли-пестрянки Gracillariidae – широко известные вредители лиственных древесных растений в городах России, в том числе и в Сибири, например, моли-пестрянки – тополевая *Phyllonorycter populifoliella*, осиновая – *Ph. apparella*, липовая *Ph. issikii* и др. [8, 15, 16, 17, 18-20, 23, 28, 29]. При подъемах численности их популяций они приводят к преждевременному опадению листьев, снижая декоративность растений в городах. Ряд видов вредит хвойным растениям. В Сибири, к примеру, это минер Фризе забайкальский *Ocnerostoma friesei transbaicalensis* и лиственничная чехлоноска – *Protocryptis sibiricella*. Они известны своими вспышками массового размножения в сосновых и лиственничных древостоях, соответственно [24].

Некоторые виды минирующих насекомых распространились в другие регионы, где причиняющие вред новым для них кормовым растениям. Например, минирующие моли плодовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter blancardella*), сиреневая моль-пестрянка *Gracillaria syringella*, имеющие естественный ареал в Евразии, – сегодня инвазиверы в Северной Америке [30, 43], европейский вид моли яблонной (*Yponomeuta malinellus*) – в Закавказье, Казахстане [30], Средней Азии восточно-азиатский вид – липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii*) – в Европе, западной части России и Сибири [20, 44].

2 Характеристика объекта, района и методов исследования

2.1.Объекты исследований

Объектами исследований являлись минирующие насекомые четырех отрядов: чешуекрылые *Lepidoptera*, перепончатокрылые *Hymenoptera*, жуки *Coleoptera* и мухи *Diptera*.

Представители *Lepidoptera* – это моли и бабочки, чаще мелких размеров; имеют две пары перепончатых крыльев, покрытых чешуйками или волосками. Самки откладывают яйца в основном на поверхность листьев, реже во внутренние ткани листовой пластинки (у некоторых представителей имеется для этого яйцеклад) (Рисунок 1). Подавляющее большинство – листовые минеры. Самки откладывают яйца чаще на поверхность листьев, реже во внутренние ткани листовой пластинки. Редко встречаются представители, способные сооружать туннели в черешках и жилках листьев, в молодых побегах древесных растений, плодах [30, 34, 35]. Личинок чешуекрылых называют гусеницами. Их несложно отличить от минирующих личинок трех других отрядов по строению тела [38, 39]. Куколки покрытые (открытые только у беззубых первичных молей *Eriocraniidae*) с кремастером – выступающим бугорком на конце тела [37, 38]. Окукливание у ряда видов происходит в мине, у других – на листьях под завернутым краем или в подстилке.

Среди чешуекрылых известны семейства, в которых минируют отдельные виды (например, *Tortricidae*, *Gelechiidae*) или же все (*Eriocraniidae*, *Gracillariidae*, *Nepticulidae*, *Tischeriidae*), семейства, в которых гусеницы начинают развитие в минах, а затем переходят к жизни в чехликах (например, *Adelidae*, *Heliozelidae*, *Incurvariidae*, *Coleophoridae*) или после кратковременного минирования живут колониями в паутинных гнездах (*Yponomeutidae*) и др. [30]. Наряду с постоянными минерами, существует значительное число факультативных минеров, чьи гусеницы минируют только в начале развития, а затем ведут полуоткрытый образ жизни.

Представители этого отряда прокладывают мины разнообразные по форме (туннелевидные, пятновидные, складчатые, а так же комбинированные мины) и по глубине залегания в тканях листа (эпидермальные, паренхимные верхнесторонние, нижнесторонние, двухсторонние) [30].



Рисунок 1 – Мины и гусеницы сиреневой моли-пестрянки *Gracillaria syringella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Кормовое растение – сирень венгерская (*Syringa josikaea*). Место сбора: Новосибирск, Академгородок, июнь 2010 г.

Фото: Кириченко Н.И. [30].

Среди насекомых отряда Hymenoptera минируют только пилильщики – представители семейства Tenthredinidae и лишь один вид среди Blasticotomidae. Все они относящиеся к подотряду Symphyta (сидячебрюхие). У взрослых представителей имеется две пары крыльев с полным желкованием; заднегрудь мало развита, с ней сзади плотно срастается небольшой первый членик брюшка; имеется яйцеклад (напоминает полотно пилы), в связи с чем откладка яиц всеми минирующими видами производится во внутренние ткани листа [30, 34-36]. Личинок, в связи с их сходством с гусеницами Lepidoptera, называют ложногусеницами. Ложногусеницы отличаются от настоящих гусениц чешуекрылых морфологией головы, количеством глазков, ног и ложноножек. Мины пятновидные, чаще всего верхнесторонние. Перед окукливанием ложногусеницы проходят стадию предкуколки; куколка открытая (свободная).

Окукливание происходит чаще всего в коконе вне мины, редко в мине. Все пилильщики – постоянные минеры, покидают мины исключительно перед окукливанием.



Рисунок 2 –Мина и гусеница минирующего пилильщика *Heterarthrus sp.* (Hymenoptera: Tenthredinidae), ива ломкая (*Salix fragilis*). Место сбора г. Новосибирск, ЦСБС СО РАН. Август 2011 г. Фото: Кириченко Н.И. [30]

Минирующие жуки Coleoptera известны из трех семейств: златки (Buprestidae), долгоносики (Curculionidae), большеноги (Megalopodidae) [30, 34-35]. У взрослых жуков имеется две пары крыльев: передняя пара – сильно хитинизированные надкрылья и задняя – перепончатые, служащие для полета. Самки минирующих видов откладывают яйца на поверхность листьев (к примеру, Buprestidae) или во внутренние ткани листа (под эпидермис или в крупную жилку). Личинки с хорошо развитой головой и мясистым телом, с короткими грудными ногами или без них. Мины туннелевидные или пятновидные (часто встречаются комбинированные – туннелевиднопятновидные). Куколки открытые (свободные). Окукливание чаще в подстилке, редко в мине. Все жуки – постоянные минеры.



Рисунок 3 – Мина и гусеница тополевого слоника-блошки *Isochnus sequensi* (Coleoptera: Curculionidae), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*). Место сбора г. Красноярск, Академгородок. Июль 2011 г. Фото: Кириченко Н.И. [30].

Среди мух Diptera минируют представители семейства минирующих мушек Agromyzidae [30, 34, 35]. Взрослые мухи обладают одной парой крыльев (прозрачные, перепончатые, часто с немногими поперечными жилками), имеют короткое тело с массивным грудным отделом, широким брюшком и короткими ногами. Личинки двукрылых резко отличаются от личинок отрядов Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera. Минирующие личинки мух безногие, их голова сильно редуцирована и втянута в грудные сегменты так, что заметны лишь ротовые крючки. Тело личинок цилиндрическое и никогда не бывает уплощенным, как у многих минеров других отрядов. Личинки большинства видов мух прокладывают туннелевидные или пятновидные мины в паренхиме. Окукливание у высших Diptera происходит в пупарии, который представляет собой затвердевшую личинную шкурку личинки последнего возраста. Многие виды вредят травянистым и древесным растениям; есть вредители овощей и плодовых растений.



Рисунок 4 – Мина и гусеница минирующей мушки *Agromyza sp.* (Diptera: Agromyzidae, тополь черный (*Populus nigra*). Новосибирск, ЦСБС СО РАН. Август 2011 г. Фото: Кириченко Н.И. [30].

2.2. Районы исследования

Исследования проводили в Западной и Восточной Сибири. Сборы в Красноярском крае были выполнены непосредственно Пустошинской А.С. Образцы из других регионов (Новосибирской, Кемеровской, Омской, Тюменской, Иркутской и Читинской областях, Алтайском крае и в Республике Бурятия и Якутия) были собраны научным руководителем Кириченко Н.И.

Сбор материала проводился в естественных экосистемах и в искусственных насаждениях – парках и ботанических садах, в частности, Дендрарий ИЛ СО РАН в Академгородке (Красноярск), Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН в Академгородке (Новосибирск), парк Антошка, парк им. Г.К. Жукова (Кемерово), парк Победы (Омск), Затюменский парк (Тюмень), Ботанический сад Иркутского государственного университета (Иркутск), парк Победы (Чита), парк Изумрудный (Барнаул), городские насаждения, парк Юбилейный, парк им. С.Н. Орешкова (Улан-Удэ), зеленая зона Восточно-сибирского федерального университета имени М. К. Аммосова (Якутск). Практически во всех местах дополнительно обследовались и пригородные леса.

Очевидным плюсом работы является осуществление фаунистических сборов минирующих насекомых со спектра древесных растений в урбанизированной среде. Интродуцированные растения являются не только источником местных видов молей, начавших осваивать новые кормовые объекты, но и видов насекомых, случайно привнесенных вместе с интродуцированными растениями или пришедших вслед за ними [17].

Последующая камеральная обработка собранных образцов была выполнена Пустошинской А.С. в лаборатории лесной зоологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) под руководством Кириченко Н.И.

2.3. Методика сбора и обработки образцов

Для оценки таксономического разнообразия минирующих насекомых были обследованы листья древесных растений, относящихся к 50 родам и 8 семействам. В каждом сибирском регионе сборы проводились в начале и в конце лета для учета всех возможных представителей минеров. Были зафиксированы случаи массового повреждения растений минирующими молями.

В природе минированные листья собирали в обычные фасовочные полиэтиленовые пакеты. В пакет помещали от одного до нескольких десятков листьев с одного растения. Туда же вкладывали рабочую (временную) этикетку, на которой указывали таксон растения (виды растений впоследствии подтверждали у специалистов), дату и место сбора, биотоп. Материал каждого сбора так же заносили в полевой дневник [20].

Листья для сушки раскладывали не позднее 12 часов после их сбора. Это сохраняло естественный внешний вид листьев и мин. Если сбор мин совершался для последующего выведения имаго из личинок и куколок, листья собирали с небольшой веточкой [20, 38]. Это позволяло продлить жизнь минеров и повышало шансы благополучного выведения взрослых насекомых.

2.3.1. Исследование морфологии мин и минирующих насекомых. Фиксация образцов.

Для изучения содержимого мин, учета и сбора личинок и куколок, мины вскрывали препаровальной иглой вдоль их границы с неповрежденной тканью листа. Мины, личинок и куколок исследовали с помощью бинокулярной лупы (Zeiss, STEMI DV4). Для анализа наиболее тонких структур использовали микроскопа с 40 кратным увеличением (ЛОМО 5). Совокупность характеристик мин и населяющих их особей, а также знание кормового растения, на котором развивалось насекомое, облегчало установление таксон минера, по крайней мере, до семейства или рода [20, 38].

Поверхность мины рассматривали в отраженном свете, содержимое мины – в проходящем. Важными характеристиками мин являлись – форма, положение мин на поверхности и в тканях листьев, характер размещения экскрементов, отверстия в минах и т.д. При анализе личинок в первую очередь обращали внимание на их форму и отделы тела, наличие или отсутствие головы грудных и /или брюшных конечностей, на характер расположения личинок в мине (вверх спиной, вверх ногами или лежа на бок) [20, 38].

Живых насекомых (личинок и куколок), найденных в минах, консервировали в 96% спиртовом растворе в герметично закрывающихся пробирках [20] (Рисунок 4). Каждую пробирку снабжали этикеткой: место и дату сбора, название насекомого (вид или род, или хотя бы отряд и семейство), кормовое растение, на котором оно было собрано (вид или род), биотоп, ФИО сборщика определившего насекомое; номер, связывающий насекомое с гербарным образцом и номером в базе данных [20]. Пробирки плотно закупоривали и хранили в штативах для последующих исследований.



Рисунок 5 – Консервация образцов. Пробирка с личинками в 96% спиртовом растворе (слева); пробирки в штативе (справа). Фото: Кириченко Н.И.

2.3.2. Лабораторное выращивание насекомых и определение их видовой принадлежности

Для морфологических исследований (определения видовой принадлежности насекомых) личинок и куколок, найденных в минах, дорастивали в лаборатории до стадии маго согласно ранее опубликованной методике [20, 38]. Питающихся гусениц содержали в небольших пластиковых контейнерах (0,2 л) (Рисунок 6). На дно контейнера выкладывали фильтровальную бумагу. Черешок листа слегка надрезали, обматывали полоской бумажной салфетки, которую затем смачивали в 2% сахарном растворе [42]. Листья осматривали ежедневно, при необходимости обмотку черешка смачивали сахарным сиропом, используя шприц. Если было замечено, что личинки покинули мины, и начали окукливаться на стенках контейнера, листья из контейнера убирали.



Рисунок 6 – Подготовка пластиковых садков для выращивания минеров в лабораторных условиях.

Если на момент сбора поврежденных листьев в минах взрослые гусеницы были готовы окуклиться или же уже присутствовали куколки, то мины аккуратно вырезали ножницами с оставлением запаса неповрежденной ткани листа вокруг мины, и помещали в чашку Петри на фильтровальную бумагу [20]. Влажность в чашках поддерживали с помощью умеренно увлажненного комочка ваты, который прикрепляли к внутренней стороне крышки чашки. Чашки держали в затенении и проверяли ежедневно для контроля влажности и обнаружения имаго. Появившимся имаго давали несколько часов для расправления крыльев, затвердения покровов и приобретения естественной окраски. Насекомых накалывали на минуции, снабжали этикеткой и помещали в энтомологические боксы для хранения [38].

Идентификацию минеров (по имаго, морфологии мин) осуществляли по определительным таблицам [13, 23, 33-39]. Определения минирующих молей и жуков были проверены специалистами. Латинские названия минеров приводятся согласно современным источникам [30, 33-39], с соблюдением

правил международного кодекса зоологической номенклатуры [21, 22]. Русские названия минеров даны согласно словарю [26].

2.3.3. Составление гербарных каталогов

Собранные листья с минами помещали на хранение в гербарные альбомы (Рисунок 7). Для сушки листьев использовали обычные газеты, которые оставляли под прессом на 1-3 суток. При необходимости гербарий перекладывали в сухие газеты. Для хранения образцов использовали фотоальбомы (Рисунок 7). Они дают возможность систематизировать гербарий и компактно хранить большое количество образцов [20]. Высушенные листья размещали на бумажных подложках, на которых указывали таксон минера (вид или род, семейство, отряд), вид растения и информацию о дате и месте сбора (Рисунок 8).

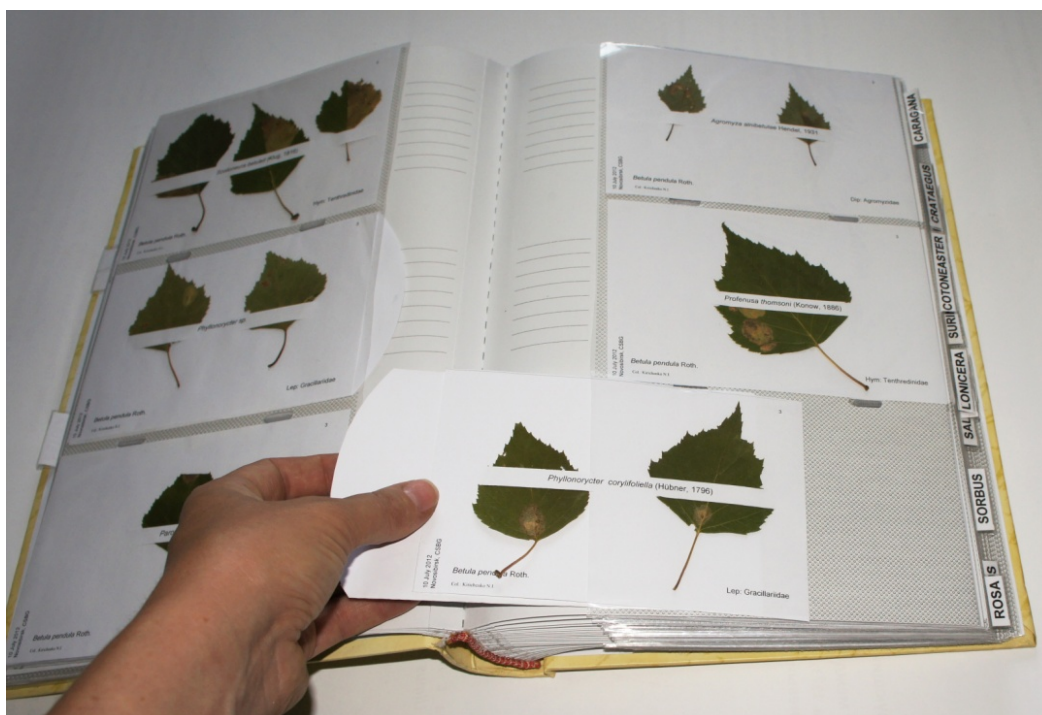


Рисунок 7 – Гербарный альбом с образцами листьев. Фото: Кириченко Н.И.

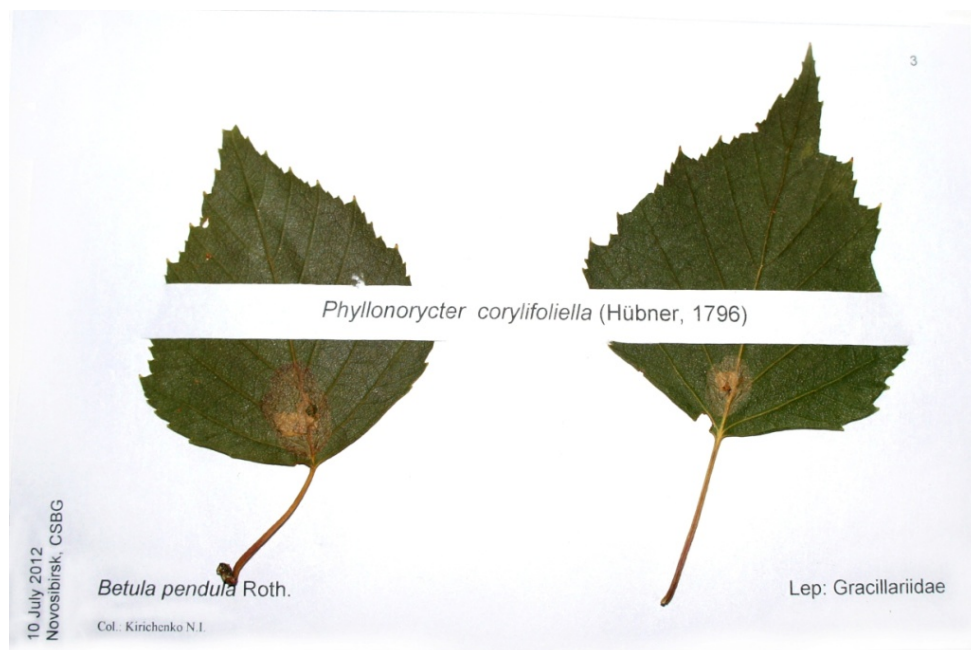


Рисунок 8 – Бумажная подложка с минированными листьями, подготовленными для хранения в гербарном альбоме. Фото: Кириченко Н.И.

Учитывая высокую трофическую специализацию минеров, этикетированные гербарные образцы размещали в альбоме в соответствии с родом кормового растения (в алфавитном порядке). Для облегчения поиска образцов на боковых сторонах альбомных страниц приклеивали закладки с названием родов растений. На лицевой и торцевой стороне альбома размещали указатель года, место сбора и фамилий составителей [20].

3 Результаты и обсуждение

3.1 Видовой состав и таксономическая структура комплекса минирующих насекомых древесных растений Сибири

По коллекционным сборам, имеющиеся в распоряжении сотрудников лаборатории лесной зоологии ИЛ СО РАН и по материалам собственных исследований нами проведен анализ фауны минирующих насекомых Сибири. В совокупности на территории региона отмечено 82 вида минирующих насекомых, принадлежащих к 4 отрядам и 13 семействам (Рисунок 9). По числу видов доминирует отряд *Lepidoptera* (59 видов). За ним в порядке убывания располагаются отряды: *Diptera* (14 видов), *Hymenoptera* (8 видов) и *Coleoptera* (1 вид). Наиболее многочисленны по числу видов среди представителей отряда *Lepidoptera* – это семейства *Gracillariidae* (Моли-пестрянки) (27 видов), *Nepticulidae* (Моли-малютки) (10), *Eriocraniidae* (Моли беззубые первичные) (6), *Lyonetiidae* (Моли-крохотки) (5 видов).

Наименьшее количество видов минеров отмечено среди представителей семейств: *Tischeriidae* (Моли минеры одноцветные) – 3 вида, *Incurvariidae* (Моли минно-чехликовые) – 3 вида, *Coleophoridae* (Моли чехликовые) – 2 вида, *Bucculatricidae* (Моли кривоусые крохотки) – 1 вид, *Elachistidae* (Моли злаковые минеры) – 1 вид, *Yponomeutidae* (Моли горностаевые) – 1 вид.

Среди представителей отряда *Diptera* минирующие насекомые отмечены только в семействе *Agromyzidae* (Минирующие мушки) – 14 видов.

В Сибири нами обнаружено только 8 видов минирующих пилильщиков. Все они относятся к семейству *Tenthredinidae* (Настоящие пилильщики), отряду *Hymenoptera*.

Среди минирующих жуков *Coleoptera* семейства отмечен один вид из семейства *Megalopodidae*.

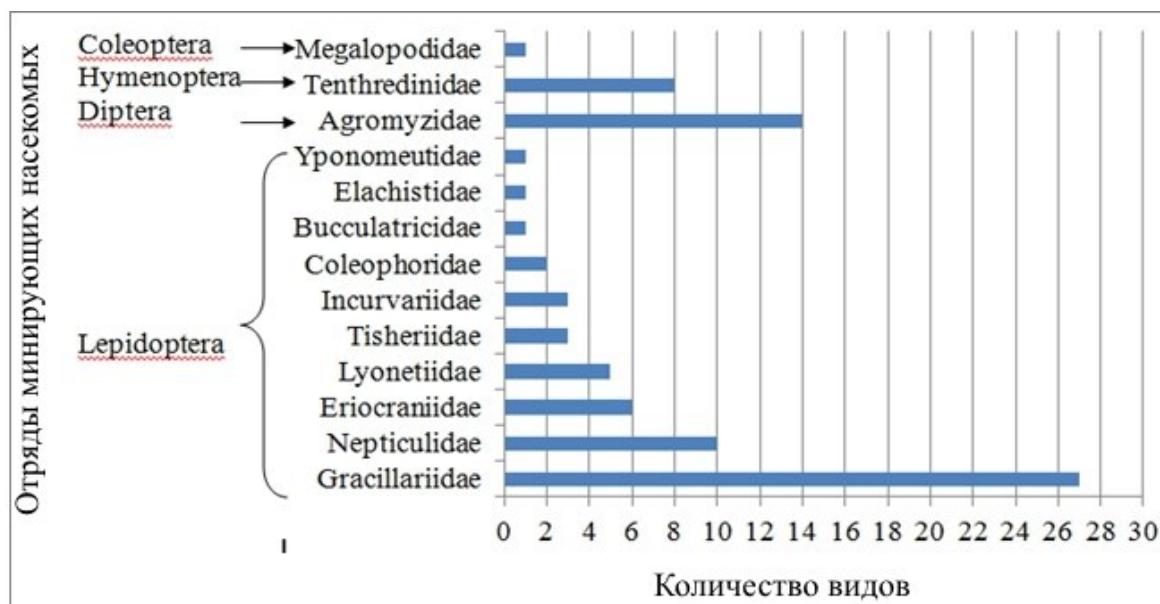


Рисунок – 9 Анализ таксономической принадлежности минирующих насекомых, населяющих древесные растения в Сибири.

3.2. Эколого-трофическая структура комплекса минирующих насекомых

Наибольшее видовое разнообразие молей было отмечено на растениях трех семейств: розовых Rosaceae, березовых Betulaceae, ивовых Salicaceae (Рисунок 10). В 90% случаев минами изученных видов молей было освоено не более 25 % листьев кормовых растений. Уровень освоения листвы, превышающий этот порог, был отмечен лишь для некоторых видов молей семейства Gracillariidae – осиновой белой моли *Phyllocnistis labyrinthella* (осина в Кемеровской области), тополевой моли-пестряки *Phyllonorycter populifoliella* (тополь бальзамический в Иркутской и Новосибирской областях), липовой моли-пестрянки *Ph. issikii* (липа в Новосибирской области) [см так же 19].

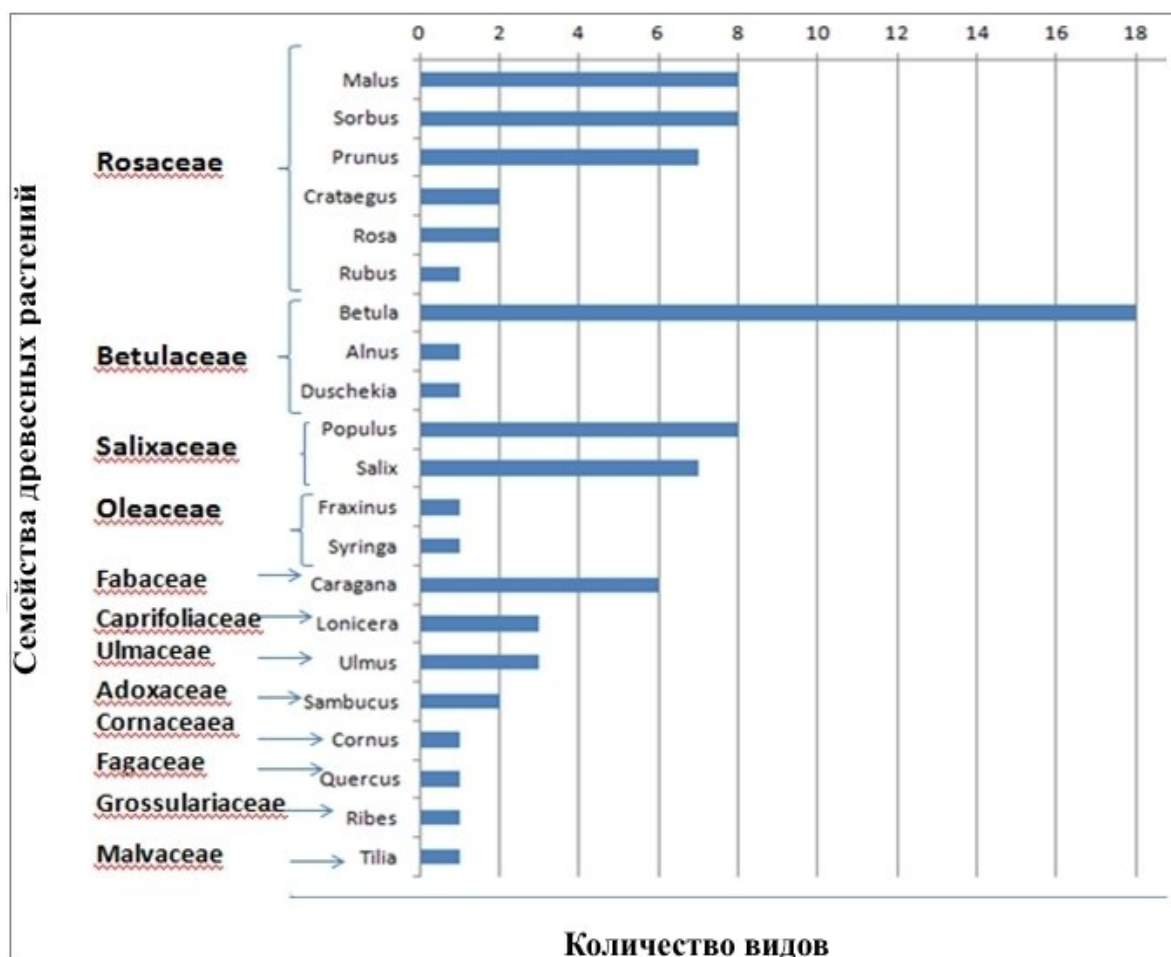


Рисунок 10 - Кормовая приуроченность минирующих насекомых, населяющих древесные растения в Сибири.

Анализ трофической приуроченности минеров показал, что максимальное число видов (18) развиваются на березе повислой *Betula pendula*. За березой по видовому разнообразию минеров следует яблоня *Malus*, рябина *Sorbus*, тополь *Populus*, на которых нами в Сибири отмечено по 8 видов минеров. Далее по убыванию идут следующие древесные растения: слива *Prunus* и ива *Salix* по 7 видов, карагана *Caragana* 6 видов минеров (Рисунок 10).

Наименьшее количество видов минеров трофически связаны с жимолостью *Lonicera* и вязом *Ulmus* – по 3 вида, розой *Rosa*, бузиной *Sambucus*, боярышником *Crataegus*, сиренью *Syringa* – по 2 вида минеров, ольхой *Alnus*, душекией *Duschekia*, ясенем *Fraxinus*, дубом *Quercus*, смородиной *Ribes*, малиной *Rubus*, липой *Tilia* – по 1 виду (Рисунок 10).

3.2. Анализ распространения минирующих насекомых в Сибири

Наши исследования позволили выявить регионы обитания для значительного числа видов минирующих насекомых. На рисунке 11 отмечено количество видов, обнаруженных в каждом пункте исследования (или административном центре региона).



Рисунок 11 – Число видов минирующих насекомых, найденных в разных регионах Сибири. Подложка карты заимствована из интернет-источника [45].

В Красноярском крае, в частности в г. Красноярске, нами выявлено наибольшее число видов минеров (42 вида). Это объясняется, в основном, частотой проведения исследований в этом регионе. В Красноярске и его окрестностях сборы насекомых были выполнены несколько раз в течение сезона исследования. Здесь были выявлены представители всех четырех отрядов: Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera.

В прочих регионах, где сборы насекомых были выполнены единожды за период исследования (все прочие регионы, за исключением Красноярского края, Новосибирской, Иркутской, Тюменской областей) нами отмечены

единичные виды минирующих насекомых. Как правило, это представители *Lepidoptera* – фотонные и массовые виды в изученных регионах.

Наши результаты позволили существенно расширить представление о распространении минирующих насекомых в Сибири [17]. Пятнадцать видов молей (*Lepidoptera*) предположительно являются новыми для Сибири. Эти виды в настоящее время находятся на подтверждении у отечественных и зарубежных специалистов. В связи с данным обстоятельством список этих видов в работе не освещается. После подтверждений видовой принадлежности минеров планируется подготовка обзорной статьи, где будут приведены как ранее известные, так и новые виды минирующих насекомых для Азиатской части России.

Использование морфологических и экологических методов, позволило нам в значительной мере расширить представление о таксономическом разнообразии, распространении и трофических связях минирующих насекомых с древесными растениями в Сибири, а также открыло новые возможности для изучения их экологии в этом малоизученном регионе России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для Сибири осуществлен масштабный анализ таксономического разнообразия минирующих насекомых, населяющих древесные виды растений в регионе.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. На основе ранних данных и наших наблюдения в Сибири выявлено 82 вида минирующих насекомых, принадлежащих к четырем отрядам – чешуекрылых *Lepidoptera* (59 видов), *Diptera* (14), *Hymenoptera* (8) и *Coleoptera* (1).

2. Для выявленных видов минирующих насекомых установлены трофические связи с древесными растениями, произрастающими в Сибири. Наибольшее видовое разнообразие молей отмечено в Сибири на растениях трех семейств: розовых (*Rosaceae*), березовых (*Betulaceae*) и ивовых (*Salicaceae*).

3. Проведена ревизия распространения минирующих насекомых и выявлено 15 предположительно новых для Сибири видов. Таксономическая сводка, включающая список этих видов, будет опубликована в открытой печати после подтверждения таксономической принадлежности насекомых отечественными и зарубежными специалистами.

Случаи обнаружения минирующих насекомых в новых регионах Сибири не всегда могут свидетельствовать об их продолжающемся распространении, скорее, они являются следствием плохой изученности этой группы насекомых в сибирских регионах, что и подтверждают наши исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амшеев, Р. М. Насекомые и позвоночные зарослей облепихи Бурятии / Р. М. Амшев. - Новосибирск: Наука, 1982. 117 с.
2. Антипина, Г. С. Структура и динамика флористических комплексов урбанизированных экосистем Восточной Фенноскандии: автореф. дис....д.б.н. / Г.С. Антипина. - Петрозаводск, 2003.- 39 с.
3. Бакулин, В. Т. Древесные растения для озеленения Новосибирска / В. Т. Бакулин [и др.]. Новосибирск: Академическое издательство «Гео» , 2008. 3003 с.).
4. Баранник, А. П. Насекомые зеленых насаждений промышленных городов Кемеровской области / А. П. Баранник. - Кемерово: КГУ, 1981. 67 с.
5. Баранчиков, Ю. Н. Факторы динамики популяций насекомых-минеров. / Ю. Н. Баранчиков, И. Е. Ермолаев // Энтомологические исследования в Сибири. - Красноярск : КФ РЭО, 1998. - Вып.1-32с.
6. Баранчиков, Ю. Н. Точечное освоение кормового ресурса гусеницами листовенной чехлоноска: следствие антибиоза дерева или поведенческая преадаптация / Ю. Н. Баранчиков // Материалы Всесоюзного совещания: «Растительные животные в биогеоценозах суши», Валдай, 3-6 июня 1984. Москва: Наука, 1986. С. 45-48.
7. Белов, Д. А. Роль дендрофильных членистоногих в городских экосистемах / Д. А. Белов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. - 2013. - № 6 (98). - С. 31–39.
8. Белов, Д. А. Грызущие и минирующие листву насекомые зеленых насаждений Москвы : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д. А. Белов. - М.: Изд-во МГУ, 2000. -28 с.
9. Бей-биенко, Г. Я. Общая энтомология. 3-е изд., доп. / Г. Я. Бей-биенко. – М.: Высш. шк., 1980. – 416с.

10. Воронцов, А. И. Лесная энтомология : Учебник для студентов лесохозяйств / А. И. Воронцов. - Спец. вузов. 4-е издание, перераб. и доп. – Высшая школа, 1982. -384 с.
11. Встовская, Т. Н. Древесные растения Центрально Сибирского Ботанического сада / Т. Н. Встовская, И. Ю. Коропачинский. - Новосибирск: изд. СО РАН, филиал «Гео», 2005. 235 с.)
12. Горышина, Т. К. Растение в городе / Т. К. Горышина. – Л.: ЛГУ, 1991. – 152 с. 1991.
13. Гусев, В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников, применяемых в зеленом строительстве / В. И. Гусев. - М.: Лесная промышленность, 1984. 427 с.
14. Дмитриев, Г. В. Основы защиты зеленых насаждений от вредных членистоногих / Г. В. Дмитриев. - Киев: Урожай, 1969.- 411 с .
15. Ермолаев, И. В. Липовая моль-пестрянка как кандидат в карантинные объекты РФ / И. В. Ермолаев, Д. А. Зорин // Материалы VIII Межрегионального совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока с участием зарубежных ученых, Новосибирск, 4–7 октября 2010. С. 260-262.
16. Ефремова, З.А. Комплексы наездников семейства Eulophidae (Hymenoptera), паразитирующих на *Phyllonorycter apparella* и *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) - вредителях осины и тополя в Ульяновской области / З. А. Ефремова [и др.] // Зоологический журнал, 2011. Т. 90, №4. С. 438-444.
17. Кириченко, Н. И. Таксономическое разнообразие микрочешуекрылых (Microlepidoptera), минирующих листья древесных растений в Сибири / Н. И. Кириченко [и др.] // Материалы III Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского “Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов”, 7–9 октября 2015 г., Минск, Беларусь, Ч 2. С. 141-144.

18. Кузнецов, В. И. Краткий каталог минирующих молей сем. Gracillariidae (Lepidoptera) фауны России и сопредельных стран / В. И. Кузнецов, С. В. Барышников (Сексяева). - С-Пб., СПбГУ, 1998. 60 с
19. Кириченко, Н. И. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Западной Сибири: некоторые экологические характеристики популяции недавнего инвайдера / Н. И. Кириченко // Сибирский экологический журнал. - 2013. - № 6. С. 813-822.
20. Кириченко, Н. И. Методические подходы к исследованию насекомых, минирующих листья древесных растений / Н. И. Кириченко // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. - 2014. – Вып. 207. – С.235-246
21. Международный кодекс зоологической номенклатуры. Издание четвертое. Принят Международным союзом биологических наук: пер. с англ. и фр. И. М. Кержнера. Ред. перевода А. П. Андрияшев, Я. И. Старобогатов. Второе, исправленное издание русского перевода. М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. 223 с.
22. Международный кодекс зоологической номенклатуры. Издание четвертое. Принят Международным союзом биологических наук: пер. с англ. и фр. И. М. Кержнера. Ред. перевода А. П. Андрияшев, Я. И. Старобогатов. Второе, исправленное издание русского перевода. М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. 223 с.
23. Кузнецова, В. И. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур / под общ. ред. В. И. Кузнецова. - Т. 3. Чешуекрылые. С-Пб.: Наука, 1999. 410 с.
24. Позмогова, З. Н. Забайкальский минер Фризе – *Ocnerostoma frisei transbaicalensis* Pozmogova s. sp. n. (Lepidoptera, Yponomeutidae). В книге «Главнейшие вредители древесных и кустарниковых пород Забайкалья» / З. Н. Помозгова. : Труды Бурятского института естественных наук БФ СО АН СССР, 1969. С. 53-147.

25. Стольберг, Ф. В. Экология города урбоэкология / Ф. В. Стольберг. – К.: Либра, 2000. – 464 с.
26. Стриганова, Б. Р. Пятиязычный словарь названий животных: Насекомые (латинский-русский-английский-немецкий-французский) / Б. Р. Стриганова, А. А. Захаров : Под ред. д-ра биол. наук, проф. Б. Р. Стригановой. — М.: РУССО, 2000. — 560 с.
27. Тарасова, О. В. Видовой состав насекомых-минеров лиственных насаждений Красноярска и его окрестностей / О. В. Тарасова, И. В. Санина // Вестник Красноярского государственного университета. Сер. Естеств. Науки. 2004. - № 7. - С. 45–48.
28. Тарасова, О. В. Насекомые-филлофаги зелёных насаждений городов. / О. В. Тарасова [и др.]. - Новосибирск: Наука, 2004. – 179с.
29. Тарасова, О. В. Насекомые-филлофаги зеленых насаждений городов: Видовой состав и особенности динамики численности / О. В. Тарасова [и др.]. - Новосибирск: Наука, 2004. 180 с.
30. Электронная энциклопедия «Минирующие насекомые на местных и интродуцированных древесных растениях в Сибири». Под. ред. Кириченко Н.И., Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2016.
31. Яновский, В. М. Насекомые-филлофаги березы и осины сибирских лесов / В. М. Яновский : Учебное пособие. Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 2003. 62 с.
32. Global taxonomic database of Gracillariidae (Lepidoptera) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gracillariidae.net>
33. Naturalis Biodiversity Center [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://science.naturalis.nl/en/>
34. Leafminers and plant galls of Europe Bladmineerders en plantengallen van Europa [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bladmineerders.nl/index.htm>
35. British leafminers [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.leafmines.co.uk/index.htm>

36. Fauna Europaea [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.faunaeur.org/>
37. Gregor, F. Die Puppen der mitteleuropäischen Lithocolletinae. Mitteilungen des internationalen entomologischen Vereins / Gregor F., Patočka J. // Supplement.- 2001. V.8. 186 p.
38. Hering, M.E. Biology of the leafminers. Junk's. Gravenhage, 1951. 490 p.
39. Hering E. M. Bestimmungstabellen der Blattminen von Europa: einschliesslich des Mittelmeerbeckens und der Kanarischen Inseln. Berlin, 1957. Band. V. 1-3. 1185 p. - 221 p.
40. Murdoch Questions ent. Edmonton, Canada, 1967. 3-4. P. 247-281.
41. Maier, C.T. Exotic Lepidopteran leafminers in North American apple orchards: rise to prominence, management, and future threats // Biological Invasions, 2001, 3: (3), P. 283-293.
42. Ohshima, I. Techniques for continuous rearing and assessing host preference of a multivoltine leaf-mining moth, *Acrocercops transecta* (Lepidoptera: Gracillariidae). Entomological Science 8. – 2005. –p. 227–228.
43. Proctor, J. T. A. Analysis of the effects of the spotted tentiform leafminer (*Phyllonorycter blancardella*) on the photosynthetic characteristics of apple leaves/ Proctor J. T. A., Bodnar J. M., Blackburn W. J., Watson R. L. // Canadian J. Botan., 1982. V. 60 (12). P. 2734-2740.
44. Šefrová H. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) – bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae) // Acta Universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis. Sbornik Mendelovy zemedelske a lesnicke university v Brne, 2002. 3. P. 99-104.
45. Avaj [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avaj.ru/Portfolio/Logos/Logotip-dlya-proekta-sibum/>